



AUSLEGESCHRIFT 1 125 535

G 28965 VIIIb/21d¹

ANMELDETAG: 5. FEBRUAR 1960

BESANNTMACHUNG

DER ANMELDUNG

UND AUSGABE DER

AUSLEGESCHRIFT: 15. MÄRZ 1962

1

Die im folgenden beschriebene Erfindung betrifft ein Kühlsystem für elektrodynamische Maschinen, und zwar eine Ausbildung des Läufers, durch die die Kühlung eines Wasserkraftgenerators verbessert wird.

Wasserkraftgeneratoren, deren Antriebsturbine mit einem relativ geringen hydraulischen Druckgefälle arbeitet, werden allgemein mit senkrecht stehender Welle ausgeführt. Obwohl der Wirkungsgrad eines derartigen Wasserkraftgenerators bereits ungefähr 98% betragen kann, stellt der Verlust von 2% der Leistung in Anbetracht der außerordentlich großen abgegebenen elektrischen Leistung desselben einen Leistungsverlust dar, der Bemühungen zur Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades eines Wasserkraftgenerators durchaus rechtfertigt. Der erwähnte Leistungsverlust ist in der Hauptsache auf die Erwärmung der elektrischen Maschine zurückzuführen, wobei die Erwärmung wiederum aus den Hysterese- und Wirbelstromverlusten des aktiven Eisens sowie aus den Widerstandsverlusten des Wicklungskupfers resultiert.

Jede Erwärmung verringert jedoch die Lebensdauer der Isolation der Wicklung und damit die Betriebsperiode des gesamten Wasserkraftgenerators, innerhalb deren eine kontinuierliche Stromerzeugung erfolgen kann. Der Einbau von Belüftungs- und anderen Kühleinrichtungen ermöglicht andererseits eine Leistungssteigerung des Wasserkraftgenerators, ohne daß eine Temperatur der Wicklung erreicht wird, bei der die Isolation derselben beschädigt werden würde. Bisher übliche Anordnungen zur Kühlung eines Generators bestehen häufig aus relativ kleinen, radial fördernden Lüfterflügeln, die entweder an der Stirnseite des Läufers oder der Pole so befestigt sind, daß sie die geförderte Kühlluft gegen ein am Stator befindliches Umlenkblech und von dort aus axial zwischen die einzelnen Pole des Polrades leiten. Das erwähnte Umlenkblech hat im allgemeinen die Form eines ringförmigen Deckrandes, das sich vom Ständer her über die Wickelköpfe und von dort in Richtung auf den Nabenkranz des Polrades erstreckt, so daß ein halb geschlossenes Gehäuse gebildet wird, innerhalb dessen durch die in radialer Richtung fördernden Lüfterflügel ein Druckgefälle aufrechterhalten wird. Die Kühlluft strömt dabei ständig in den Zwischenraum der Pole und von dort radial nach außen, um schließlich durch geeignete Öffnungen des Ständerisens die Maschine zu verlassen.

Obwohl die eben geschilderte Anordnung zur Kühlluftführung einen beachtlichen Vorteil insofern aufweist, als das erwähnte ringförmige Deckband einen mechanisch wirksamen Schutzschild für die Wickel-

Zur Kühlluftführung
geeignete Polrad-Tragkonstruktion
für eine dynamoelektrische Maschine
mit senkrechter Welle

Anmelder:

General Electric Company,
New York, N. Y. (V. St. A.)

Vertreter: Dr.-Ing. A. Schmidt, Patentanwalt,
Berlin-Grünwald, Hohenzollerndamm 150

Hubert Ryerson Sills, Peterborough, Ontario
(Kanada),

ist als Erfinder genannt worden

2

köpfe bildet, so ist damit doch auch ein gewisser Nachteil insofern verbunden, als durch dieses Deckband die für Wartungs- und Reparaturzwecke gewünschte Zugänglichkeit beeinträchtigt wird.

Es ist ferner bekanntgeworden, die Kühlluft radial durch Öffnungen im Jochring des Polrades zu leiten und dadurch die Wärmeabfuhr weiter zu verbessern. Eine derartige Luftführung wird durch einen Radiallüfter bewirkt, wobei die obere und die untere Seite des Armsternes des Polrades durch ringförmige, über den ganzen Umfang reichende Staubleche abgedeckt sind, die sich vom Jochring aus radial nach innen erstrecken. Verhältnismäßig kühle Luft wird so durch die Fliehkraft in die Kanäle zwischen den ringförmigen Staublechen und dem Armstern gesaugt und von dort nach außen durch die Öffnungen im Jochring sowie anschließend über die Pole gedrückt.

Um dafür zu sorgen, daß der eben beschriebene Luftstrom in radialer Richtung auch durch die radialen Öffnungen des Ständers geleitet wird, ohne daß ein Teil davon in die axiale Richtung abweicht und so für die Kühlung verlorengeht, ist bei dieser bekanntgewordenen Bauweise zwischen den Polschuhen eine Anzahl von Lüfterflügeln angeordnet.

Durch dieses Kühlsystem wird bereits eine gewisse Verbesserung der Kühlung im Vergleich zu dem erstgenannten System erzielt, bei dem der Raum zwischen

Ständer und Jochring durch stirnseite Abdeckringe verschlossen ist.

Die üblichen Generatorkonstruktionen sind jedoch insofern mangelhaft, als im Zentrum des Polrades kein ausreichend freier Raum zur Verfügung steht, um so viel Luft einzulassen, daß die mit Hilfe der Staubleche erreichte radiale Luftförderung voll wirksam wird. Handelt es sich beispielsweise um eine Maschine mit durchgehender senkrechter Welle und zwei Führungslagern, so können die stirnseitigen, ringförmigen Staubleche zwar so angeordnet werden, daß ausreichende zentrale Einlaßöffnungen für den Kühlluftstrom, der von beiden Stirnseiten des Polrades her in die Luftführungskanäle desselben gelangt, zur Verfügung stehen, aber dieser ausreichende Kühlluft-eintritt kann oftmals nur dadurch erkaufte werden, daß der axiale Abstand zwischen den beiden Führungslagern und dem erforderlichen Traglager so groß wie nur irgendmöglich gemacht wird. Dieser große axiale Abstand der Lager von den Polradstirnseiten bedingt eine entschieden längere Welle, und die Folge ist eine hohe und wenig stabile Maschine.

Wenn man andererseits zur sogenannten Schirm-Bauweise mit nur einem Führungs- und einem Traglager übergeht, um die Gesamthöhe der Maschine zu verringern, so wird die benötigte zentrale Lufteinlaßöffnung auf der einen Polradseite zum größten Teil durch das benötigte Traglager abgedeckt, das unmittelbar an das Polrad angrenzend angeordnet werden muß, um die Maschine dynamisch stabil zu machen.

Unabhängig davon, ob das Polrad eine durchgehende Welle hat oder nach der Schirm-Bauweise gestaltet ist, hat man bisher stets die Verbindung zwischen dem Armstern des Polrades und der Welle über eine massive Nabe hergestellt. Derartige Naben verringern nicht nur den bereits erwähnten, für den Lufteintritt zur Verfügung stehenden Bereich, sondern die sich im Bereich der Naben einander stark nähernden Arme des Polrades beeinträchtigen die Zugänglichkeit zu den Verbindungsschrauben zwischen Nabe und Armstern. Weiterhin ist es nachteilig, daß bei dieser bisher üblichen Bauweise dann, wenn das Polrad ausgebaut werden soll, entweder die Verbindung zwischen dem Polrad und der Welle vollständig gelöst werden muß oder aber daß das Traglager so weit freigelegt werden muß, daß die Flanschringe der Welle, die zur Kupplung zwischen derselben und der Turbinenwelle benötigt werden, beim Herausheben des Polrades durch die Ummantelung des Traglagers geführt werden können.

Während also bei den bekannten Bauarten einzelne Konstruktionselemente den zentralen Lufteinlaß des Polrades beeinträchtigen, zudem die Möglichkeiten zur Steigerung der Eigenventilation des Polrades nicht voll ausgeschöpft werden und auch der Frage des bequemen Ein- und Ausbaues von Maschinenteilen sowie der Wartung zuwenig Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, wird mit der nachstehend geschilderten Erfindung der Zweck verfolgt, ein Kühlsystem für elektrodynamische Maschinen zu schaffen, im Rahmen dessen die Konstruktionselemente der Maschine weitestgehend zur Luftförderung und -führung herangezogen werden.

Gegenstand der Erfindung ist eine zur Kühlluftführung geeignete Polrad-Tragkonstruktion für eine dynamoelektrische Maschine mit senkrechter Welle, deren Jochring zur Belüftung durch Zentrifugal-

wirkung an einer aus mindestens zwei ringförmigen Blechen sowie dazwischen befestigten zahlreichen Stegen bestehenden Tragkonstruktion befestigt ist. Erfindungsgemäß ist zwischen den im allgemeinen radial verlaufenden Stegen und den Kreisringplatten, die eine geräumige zentrale Kreisringöffnung für den Zutritt der Kühlluft einschließen, eine Anzahl nicht radial gerichteter Stegabschnitte angeordnet, die zusammen mit anderen radialen Stegabschnitten das Drehmoment übertragen, und an einer der Kreisringplatten ist ein in die zentrale Kreisringöffnung hineinragender ringförmiger Flansch vorgesehen, der mit einer auf der Hauptwelle sitzenden Drehscheibe verschraubt ist, die innerhalb der zentralen Kreisringöffnung des Polrades eine in axialer Richtung steife Nabe für die Befestigung des Polrades bildet.

Mit Hilfe der erfindungsgemäß verwendeten flachen Drehscheibe, die an Stelle der üblichen zylindrischen Polradnabe vorgesehen ist, wird eine auch in axialer Richtung steife Nabenkonstruktion erzielt, die sowohl eine bequem zugängliche Befestigung des Polrades an der Welle ermöglicht, als auch insbesondere einen ausreichenden freien Raum für den benötigten zentralen Kühlluft-eintritt läßt. Von besonderem Vorteil ist dabei, daß wenigstens einige der erwähnten, das Drehmoment übertragenden ringförmigen Bleche des Polrades die Luftströmung von der zentralen Kreisöffnung des Polrades her erleichtern, wodurch die Zentrifugalwirkung verstärkt und der gesamte Jochring intensiv gekühlt wird. Im Hinblick auf die erfindungsgemäße flache Nabenstruktur wirkt sich weiterhin die Leichtbauweise des aus mehreren Ringen hergestellten Polrades besonders vorteilhaft aus.

Da die Drehscheibe einen relativ großen Durchmesser haben kann, werden die Umfangskräfte durch den einzigen Flansch des Polrades sicher aufgenommen. Darüber hinaus kann die untere Fläche der Drehscheibe von dem Traglager aufgenommen werden, während die Umfangsfläche in einem Führungslager gleitet, so daß das Polrad abgestützt und zentriert wird.

Das Drehmoment der Turbine wird über eine Welle, die in der Mitte der Drehscheibe mit derselben gekuppelt ist, auf die Drehscheibe und von dieser über den Flansch sowie die ringförmigen Bleche auf den Jochring übertragen. Die Drehmomentübertragung wird durch geeignete Platten unterstützt, die senkrecht auf dem Polradius stehen und den Flansch mit den verschiedenen Ringen verbinden.

Vorzugsweise werden die benötigten, senkrecht auf dem Armstern stehenden Platten dadurch geschaffen, daß entsprechende Abschnitte der den Jochring tragenden Stege umgebogen und mit dem Flansch verbunden werden. Ein durchgehender Kragen senkrecht stehender Platten kann auch dadurch hergestellt werden, daß einige der Ringe mit dem Flansch verbunden werden.

Die erwähnten umgebogenen Abschnitte der Stege werden nach einem weiteren Erfindungsgedanken in Drehrichtung vorwärts gekrümmt, so daß sie außer als Platten zur Drehmomentübertragung auch als gekrümmte Schaufeln eines Gebläses wirksam sind, dessen Lufteinlaß in der zentralen Öffnung des Armsternes liegt. Das gesamte Polrad wird so ein einziger großer Lüfter, der einen radialen Luftstrom durch die Öffnungen des Jochringes auf die am Jochring befestigten Pole bläst, die damit intensiv gekühlt werden.

Zum besseren Verständnis sowohl der Ziele der Erfindung als auch der Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Konstruktion wird auf die folgende Beschreibung sowie die dazugehörige Zeichnung verwiesen.

Fig. 1 gibt dabei ausschnittsweise im Längsschnitt die schematische Darstellung des Polrades eines Wasserkraftgenerators in der Schirm-Bauweise mit einer Umlaufkühlung wieder,

Fig. 2 die perspektivische Ansicht des Polrades,

Fig. 3 den Teilschnitt einer schematischen Darstellung der erfindungsgemäßen Armsternnabe auf der Welle des Polrades,

Fig. 4 den ausschnittswisen schematischen Längsschnitt des Polrades eines Wasserkraftgenerators in der Schirm-Bauweise in abgewandelter Form mit einer Durchzugsbelüftung und

Fig. 5 schließlich die teilweise Draufsicht auf das Polrad nach Fig. 4.

Nach Fig. 1 ist der Ständer 1 eines Wasserkraftgenerators über der Turbinengrube 2 für die Wasserturbine angeordnet. Die Turbinengrube 2 hat gemauerte Wände 3. Der Ständer 1 besteht im wesentlichen aus dem Blechpaket 4, das in dem Rahmen 5 gehalten ist und die Wicklung 6 trägt. Der Rahmen 5 besteht aus bogenförmigen Teilen 7, die miteinander durch senkrechte Rippen 8 und Keile 8a in Zell-Bauweise verbunden sind. Der Rahmen 5 ist dadurch steif genug, um das Blechpaket 4 zu tragen. Für die Lagerung des Polrades 9 ist innerhalb des Ständers 1 ein Gerüst 10 aus axial gerichteten Trägern angeordnet, das sich innerhalb der Turbinengrube 2 an den festen Wänden 3 abstützt. In die Wände 3 sind zu diesem Zweck feste Fundamentringe 11 eingelassen.

Das feststehende Gerüst 10 trägt ein ringförmiges Traglager 12, das als Segmentspurlager ausgebildet ist und sich in dem Ölbehälter 13, der zylindrische Wände 14 und 15 hat, befindet. Die Drehscheibe 16 liegt auf dem Traglager 12 und ist mittels der Schrauben 23 auf der Welle 17 befestigt. Sie könnte andererseits mit dem Flansch 18 der Welle 17 aus einem Stück geschmiedet werden. Die Welle 17 kann mit der Turbinenwelle, die hier nicht gezeigt ist, aus einem Stück bestehen, oder aber es kann eine Zwischenwelle mit einem unteren Flansch 18a vorgesehen werden, an dem die Turbinenwelle wie üblich befestigt ist. Die erforderliche Zentrierung des Polrades 9 und seiner Welle 17 wird durch ein Führungslager 19 erzielt, das mit der als Gleitfläche ausgebildeten Mantelfläche der Drehscheibe 16 zusammenwirkt.

Der Armstern des Polrades 9 besteht aus einer Anzahl von Stegen 20, die sich in radialer Richtung als Arme von der zentralen Kreisringöffnung 32 aus zwischen im wesentlichen parallel nebeneinanderliegenden Kreisringplatten 21 erstrecken. Obwohl hier nur zwei Kreisringplatten 21 gezeigt werden, die die in Winkeln zueinander verlaufenden Stege 20 flankieren, als Leitbleche wirken und die obere sowie die untere Stirnwand 42, 43 des Polrades bilden, können jedoch andererseits bedarfsweise auch weitere derartige Kreisringplatten 21 zwischen den dargestellten Kreisringplatten 21 vorgesehen werden. Die Kreisringöffnung 32 bildet so einen Zugang im Zentrum des Polrades zwischen den verstärkten Innenkanten sämtlicher Kreisringplatten 21.

Die Polradbleche 4a sind mittels der Schrauben 23b zu Teilblechpaketen 4b zusammengefaßt und die Teilblechpakete 4b durch eine Spannverbindung, bei-

spielsweise durch nicht dargestellte Keile, an den äußeren Enden der den Armstern bildenden Stege 20 befestigt. Die lagenweise angeordneten Teilblechpakete 4b tragen eine Anzahl von Polen 26, die in schwalbenschwanzförmige Nuten derselben eingreifen.

Mittels der Schrauben 23a ist das Polrad 9 über seinen Flansch 22 an der Drehscheibe 16 befestigt. Der Flansch 22 ist ein Teil einer Kreisringplatte 21. Einzelheiten dieser Befestigung sind in Fig. 3 vergrößert dargestellt, und zwar ist in der Schnittdarstellung der rechte Quadrant des Armsternes fortgelassen worden, um die Darstellung der Nabensternbefestigung zu vereinfachen. Danach sorgen radial verlaufende Bohrungen mit Doppelkeilen 24, die vor dem Auseinandernehmen der Maschine zum Transport hergestellt werden, für eine einwandfreie Zentrierung des Polrades 9 auf der Drehscheibe 16 während des späteren Zusammenbaues am Montageort. Weil die Schrauben 23a mit reichlichem Spiel durch die Bohrungen 36 in dem Flansch 22 geführt sind, ist die Übertragung des Drehmomentes der Welle 17 ausschließlich durch die Doppelkeile 24 gesichert, wobei selbstverständlich die Zugspannung der Schrauben 23a entsprechend ansteigt. Man erkennt, daß die dargestellte Befestigung den schnellen Auf- und Abbau eines Generators ohne besondere Einpaßarbeiten erleichtert und die Schrauben 23a weder im Flansch 22 noch in der Drehscheibe 16 noch in beiden verklemmt werden können. Eine Erregermaschine 28, die für die Gleichstromerregung der Wicklungen der Pole 26 benötigt wird, ist mit der Drehscheibe 16 durch die Hohlwelle 30, die in die zentrale Kreisringöffnung 32 des Polrades 9 ragt, verbunden. Diese Kupplungswelle der Erregermaschine 28 hat die Form einer Pyramide, eines Kegels oder eines ähnlichen Gebildes mit ausreichender Verdrillungs- und Biegesteifigkeit. Es kann jedoch auch eine übliche massive Welle zur Kupplung der Erregermaschine 28 benutzt werden. Der Ständer 1 der Erregermaschine 28 ist oberhalb des Polrades 9 in bekannter Weise, z. B. durch die die Lufteintrittsöffnungen enthaltende Gerüst 31, abgestützt. Unterhalb des Polrades 9 ist eine Bremsfläche 34, die mit irgendwelchen geeigneten Bremsanordnungen 35 zusammenwirkt, angeordnet, um bedarfsweise das Polrad schnell abbremsen zu können.

Fig. 2 zeigt das Polrad 9 eines Wasserkraftgenerators mit dem erfindungsgemäßen Kühlluftfördersystem. Bei Verwendung der in dem Ausführungsbeispiel gezeigten zentralen Kreisringöffnung 32 soll die Drehmomentübertragung von der Welle 17 und dem Flansch 22 her auf das Polrad 9 nicht nur über die entsprechende ringförmige untere Stirnwand 43, die auf dem Traglager 12 liegt, erfolgen, sondern auch über sämtliche weiteren Kreisringplatten 21, die weiter von dem Traglager 12 entfernt sind, beispielsweise die obere Stirnwand 42 des Armkreuzes. Durch die Erfindung wird die Drehmomentübertragung auf beide Kreisringplatten 21 durch die gebogenen Abschnitte 37 der Stege 20 übertragen, die als senkrechte Platten 37a nach Fig. 2 durch den Flansch 22 miteinander verbunden sind. Diese Abschnitte 37 sind vorzugsweise in Richtung der Polradrotation gekrümmt, um so die Beschleunigung der Kühlluft nach außen zu unterstützen. Die übrigen Abschnitte 39 der Stege 20 können im wesentlichen radial verlaufen, wie in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 dargestellt, sie können jedoch auch eine andere Form er-

halten, die den mechanischen Kräften am besten Rechnung trägt. Die notwendige Drehmomentübertragung von dem nach innen weisenden Flansch 22 auf die weiteren Kreisringplatten 21, z. B. auf die obere Stirnwand 42 des Armkreuzes, wird durch die gekrümmten Abschnitte 37 gesichert, wobei sämtliche Kreisringplatten 21 einen Anteil des Antriebsmomentes auf das Polradblech 4a übertragen. Die gekrümmten Abschnitte 37 sind, soweit die Drehmomentübertragung betroffen ist, einem ununterbrochenen Kragen gleichwertig.

Dadurch, daß jede zentrale Überfüllung durch eine drehende Welle oder einen ununterbrochenen drehmomentsteifen Kragen vermieden ist, stehen nicht nur freie Lufteintrittsöffnungen 40 zu den spiralförmigen Kanälen 41, in die das Armkreuz durch die Stege 20 und Kreisringplatten 21 aufgeteilt ist, zur Verfügung, sondern dadurch wird außerdem die Steifigkeit des Armkreuzes gegen Verdrillung und andere Belastungen erhöht. Eine ständige Drehmomentbeanspruchung wird auf die Stege 20 übertragen, weil die Wasserturbine ihr Drehmoment der Welle 17 mitteilt, während das Polrad 9 unter dem Einfluß der elektrodynamischen Belastung steht. Diese Beanspruchungen haben eine geringe Verdrehung zwischen den beiden unteren und oberen Stirnwänden 42 und 43 des Polrades 9 zur Folge. Gekrümmte Polradarme sind derartigen Verdrillungsbeanspruchungen jedoch durchaus gewachsen, selbst wenn sie aus dünnerem Material hergestellt sind als die vorher erwähnten, sich völlig eben radial erstreckenden Polradarme.

Die obere Stirnwand 42 ist entlang der Linie 44 nach Fig. 2 aufgeschnitten, um die spiralförmigen Kanäle 41 und die ebenfalls spiralförmig gewölbten Stege 20 sowie die den Lufteintritt seitlich begrenzenden Enden 45 dieser Stege 20, die außerdem auch die vorher erwähnte zentrale Kreisringöffnung 32 begrenzen, deutlicher zeigen zu können.

Die einzelnen Polradblechpakete 46 sind in an sich bekannter Weise so aufgebaut, daß, wie dies in Fig. 1 angedeutet wurde, eine Anzahl von Kühlluftkanälen 47 vorhanden ist, die radial durch die lagenweise geschichteten Polradbleche 4a in die Räume 48 zwischen den einzelnen Polen 26 führen. Während des Umlaufens des Polrades 9 strömt deshalb die Kühlluft aus der zentralen Kreisringöffnung 32 in die Lufteintrittsöffnungen 40 und wird von dort aus radial nach außen durch die spiralförmigen Kanäle 41 unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft der innerhalb der Kanäle 41 rotierenden Luft sowie der Blaswirkung der spiralförmigen Stege 20 gedrückt.

Die Luft verläßt dann die zu Teilblechpaketen 4b zusammengefaßten Polradbleche 4a durch die Kühlluftkanäle 47 und tritt dann bei 49 zwischen die Pole 26. Einige der Pole 26 sind in der Darstellung aus ihren zugehörigen schwalbenschwanzförmigen Nuten 27 gelöst und fortgelassen worden, um den Austritt der Luft aus den Kühlluftkanälen 47 besser darstellen zu können. Die Strömungsrichtung der Luft ist durch die Pfeile 49a angedeutet. Danach wird die Kühlluft gezwungen, aus den Kühlluftkanälen 47 zu entweichen, die ähnlich geformt auch in dem Blechpaket 4 vorhanden sind (s. Fig. 1). Das benötigte Druckgefälle für diesen gewünschten Strömungsverlauf wird auch durch zusätzliche Lüfterflügel 50 erzeugt, die in axialer Richtung fördern und an den ringförmigen Segmenten der Windhaube 56 so befestigt sind, daß sie die freien Räume 48 zwischen den Polen 26 stirnseitig

abdecken. Auf diese Weise wird die erzielte aerodynamische Wirkung (s. Pfeile 51a) der Lüfterflügel 50 ungemindert erhalten, und ein Austritt der vom Innern des Polrades 9 herkommenden Kühlluft aus dem Spalt zwischen dem Polrad 9 und dem Ständer 1 ist verhindert. Die Lüfterflügel 50 bestehen nach Fig. 2 aus gebogenen Blechen, deren Vorderkanten in Richtung auf ihre konkaven Oberflächen abgebogen sind, so daß der zentrifugale Kühlluftzustrom entlang dieser Vorderkanten abgelenkt wird, falls ein Teil desselben in axialer Richtung entweichen will.

Der gesamte Kühlluftstrom der im Kreislauf geführten Luft ist, wie bereits erwähnt, in Fig. 1 durch die Pfeile 51 angedeutet und kommt von der oberen Stirnwand 42 des Polrades 9 her in die zentrale Kreisringöffnung 32, strömt von dort durch die spiralförmigen Kanäle 41, durch die Kühlluftkanäle 47 des Polrades 9 und des Ständerblechpaketes und von dort in nicht dargestellte Rückkühler, um anschließend wieder zu dem Polrad 9 über die Wickelköpfe unterhalb des Einlaßgitters zurückzukehren. Dieser im Kreislauf strömende Kühlluftstrom wird ergänzt durch den kleinen Strom, der entsprechend den Pfeilen 51a stirnseitig in die freien Räume zwischen den Polen infolge der diese freien Räume 48 abdeckenden Lüfterflügel 50 axial nach innen gesaugt wird. Da große Wasserkraftgeneratoren im wesentlichen Maschinen mit sehr niedriger Drehzahl sind, wird die geringe Vergrößerung des Aufwandes an Belüftungseinrichtungen, wie ihn die Konstruktion des eben erwähnten Axialgebläses darstellt, reichlich wettgemacht durch die höhere Belastbarkeit der Maschine im Hinblick auf die verbesserte Kühlung derselben.

Da unterhalb des Gerüsts 31 ein völlig ausreichender Strömungsquerschnitt zur Verfügung steht, erübrigen sich besondere Anordnungen zur Einführung der von außen kommenden Kühlluft, und der Kühlluftkreislauf bleibt eng mit der Maschine verknüpft. Da der Kühlluftstrom im wesentlichen von oben her in die Maschine gelangt, werden beispielsweise Kühlluftkanäle, wie sie an einer durchzugsbelüfteten Maschine nötig sind und die die Kühlluft von der Turbinengrube 2 aus in das Polrad 9 leiten, nicht mehr benötigt, so daß sich die Bauweise der Wände 3 vereinfacht und Turbine sowie Generator näher zusammenrücken. Diese erfindungsgemäße Konstruktion erlaubt sogar das Abfangen des Polradgewichtes auf der Abdeckung der Wasserturbine, wobei lediglich auf die Zugänglichkeit der Wasserturbine zwecks Wartung Rücksicht zu nehmen ist. Durch die geschilderte Erfindung wird also auch in weiterer Hinsicht eine besondere Wirtschaftlichkeit erzielt. So verbilligt sich einmal der Bau des Kraftwerksgebäudes, und zum anderen wird der Bedarf an geschmiedetem Wellenmaterial eingeschränkt; denn die übliche Kupplungswelle zur Erregermaschine 28 ist durch die Hohlwelle 30 ersetzt, und als Welle 17 des Generators kann die Turbinenwelle selbst dienen.

Nach Fig. 1 besteht die wichtige Eigenschaft eines Schirmpolrades darin, daß die Pole im wesentlichen unterhalb der Ebene des Armsternes liegen, so daß die Resultierende aus irgendwelchen elektromagnetischen oder mechanischen Kräften, die nicht im Gleichgewicht sind, unterhalb des Traglagers 12 verläuft und die dynamische Stabilität der Maschine während des Betriebes nicht beeinträchtigt wird. Die wesentliche Forderung der Schirm-Bauweise lautet also: Rücke das Polrad 9 und das Traglager 12 auf der Welle 17

möglichst nahe zusammen und verringere dabei den vom Traglager 12 aus gemessenen Hebelarm der Polradkräfte. Durch die Erfindung wird diese geforderte Verkürzung der zwischen dem Traglager 12 und dem Polrad 9 liegenden Wellenlänge nicht nur durch die Kupplung von Polrad 9 und Drehscheibe 16 bei 33 (s. Fig. 3) erreicht, sondern durch die Erfindung wird auch eine beträchtliche Durchmesservergrößerung des Traglagers 12 und damit ebenfalls eine Erhöhung der Stabilität gegen das von dem überhängenden Polrad resultierende Biegemoment erzielt.

Der verhältnismäßig große Durchmesser des Traglagers 12 wird durch die Verwendung der Drehscheibe 16 ermöglicht, die ihrerseits aus einer Stahlplatte durch das Flammenschneiden geschnitten werden kann und deren Gestaltung nicht durch irgendwelche schmiedetechnischen Erwägungen beeinträchtigt wird. Die einzelnen Bestandteile des Traglagers 12 und des Führungslagers 19 sind so angeordnet, daß sie zwecks Wartung durch die äußere Wand 14 des Ölbehälters 13 herausgenommen werden können, so daß also auch in dieser Hinsicht die enge Verbindung zwischen Generator und Turbine erlaubt ist und ein in axialer Richtung gedrängt gebauter Generator geschaffen wird, der sogar dann noch stabil läuft, wenn er von der Welle 17 gelöst wurde, um als Phasenschieber zu arbeiten.

Eine geringfügige Ergänzung der eben geschilderten Konstruktion ermöglicht eine wertvolle Verstärkung der Kühlung der Erregermaschine 28, wobei lediglich eine einfache Abdeckung 53 vorgesehen ist, in die von unten her Eintrittsöffnungen 54 führen. Diese Eintrittsöffnungen 54 lassen das Ansaugen eines Teiles der entsprechend den Pfeilen 51 im Kreislauf geführten Kühlluft zu, wie dies durch die Pfeile 51b gezeigt ist. Da der durch die Pfeile 51b gekennzeichnete abgeteilte Zweig des Kühlluftstromes im Kreislauf rückgekühlt ist, wird eine Verunreinigung der Erregermaschine 28 durch den etwa von Frischluft mitgerissenen Staub ausgeschaltet. Im anderen Fall könnte die erforderliche Belüftung der Erregermaschine 28 durch außenliegende Öffnungen bei 54a der Abdeckung 53 erfolgen.

Obwohl mit der erfindungsgemäßen Konstruktion unter Zugrundelegung einer Umlaufrückführung nach den Fig. 1 und 2 die besten Ergebnisse erzielt werden, so ist doch auch der Fall zu berücksichtigen, daß die aus dem Ständer 1 kommende erwärmte Luft im Winter zur Heizung der Kraftwerksräume benötigt wird und durch entsprechende Kanäle in dem oberen Teil des Generators abgeführt wird. Es ist deshalb zweckmäßig, eine Durchlaufkühlung vorzusehen, bei der die Polradkühlluft von den Kraftwerksräumen aus durch Eintrittsöffnungen 54a in die Maschine eintritt und dieselbe durch Kanäle verläßt oder aber die Kühlluft durch Kanäle sowohl ein- als auch austritt.

Soll ein Generator in Schirm-Bauweise in ein Wasserkraftwerk eingebaut werden, dessen Belüftung von unten nach oben verläuft, wobei die Kühlluft in die Turbinengrube 2 eintritt und durch das Polrad 9 sowie den Ständer 1 in das Kraftwerksgebäude entweicht, so kann die erfindungsgemäße Konstruktion durch eine einfache Abwandlung, wie sie die Fig. 4 und 5 wiedergeben, auch diesen Verhältnissen angepaßt werden. Da in einem von der Turbinengrube 2 her belüfteten Generator die oberhalb des Traglagers 12 liegenden Lufteintrittsöffnungen 40 nicht erforderlich sind, können die spiraligen Abschnitte 37 der Stege

20 durch einen durchgehenden Kragen aus untereinander gleichen Platten 37a ersetzt werden, die senkrecht an den stützenden Stegen 20 um die zentrale Kreisringöffnung 32 herum befestigt sind und so die notwendige Drehmomentübertragung zwischen dem nach innen weisenden Flansch 22 und der Kreisringplatte 21 an der oberen Stirnwand 42 des Polrades 9 übernehmen. Die luftansaugende Wirkung der freien Abschnitte 37 der Stege 20 wird jetzt nach den Fig. 4 und 5 durch in ähnlicher Weise spiralig gekrümmte Flügel 37b erzielt, die im unteren Bereich des Polrades 9 befestigt sind und den gewünschten Auftrieb der Kühlluft erzeugen. Die hierfür benötigten Lufteintrittsöffnungen 40a werden nach Fig. 4 durch Entfernen bestimmter Kragenabschnitte 52 (s. Fig. 1) aus der unteren Stirnwand 43 des Armsternes geschaffen. Die Richtung des Kühlluftstromes verläuft anschließend im wesentlichen radial wie in dem vorher beschriebenen Ausführungsbeispiel und ist in Fig. 4 durch die Pfeile 51c gekennzeichnet.

Wie in den vorher geschilderten Ausführungsbeispielen der Erfindung so wird auch hier die erforderliche Drehmomentübertragung von dem mit der Drehscheibe 16 gekuppelten Flansch 22 auf die spiralig abgestützte Kreisringplatte 21 (nach dem Beispiel gemäß Fig. 4 ist es die untere Stirnwand 43a) durch die Krümmungen der spiraligen Elemente durchgeführt. Eine derartige spiralige Ausbildung der unteren Stegabschnitte 25a genügt, um eine völlig ausreichende Luftförderung zu bewirken, und dies sogar dann, wenn sie an der dem Traglager 12 zugewandten Stirnwand 43a des Polrades 9 befestigt sind, wie es Fig. 4 zeigt. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, gekrümmte Eintrittsschaufeln an der oberen Stirnwand 42 des Polrades 9 oder auch an beiden Stirnwänden 42, 43 bzw. 43a vorzusehen und nicht nur an der unteren Stirnwand 43 bzw. 43a nach Fig. 44. Darüber hinaus kann jede beliebige Anzahl von Kreisringplatten 21 zwischen den beiden den Armstern abdeckenden Stirnwänden 42 und 43 angeordnet werden, und auch der durchgehende Kragen, den die senkrecht zu den Stegen 20 befestigten Platten 37a bilden, kann jede beliebige, zur Drehmomentübertragung geeignete Form aufweisen, also beispielsweise zylindrisch (wie dargestellt) oder vieleckig ausgebildet sein.

Selbstverständlich kann die Erfindung auch auf waagerecht angeordnete Polräder angewendet werden, bei denen die Pole nicht unterhalb der Armsternebene, sondern symmetrisch zu derselben angeordnet sind. Es ist ferner möglich, die erfindungsgemäße Polradbelüftung auch bei Wasserkraftgeneratoren anzuwenden, deren Traglager sich oberhalb des Polrades befindet, und in diesem Falle die Belüftung von der Polradunterseite her durchzuführen. Um diese Belüftung zu ermöglichen, kann man ähnliche Öffnungen vorsehen, wie diejenigen, die nach Fig. 4 in der Kreisringplatte, die die untere Stirnwand 43 des Armsternes bildet, angebracht wurden, um die Kühlluft zu den Lufteintrittsöffnungen 40a gelangen zu lassen.

Es hat sich gezeigt, daß die selbständige Drehscheibe 16, die als Kupplungsglied zwischen dem Polrad 9 und der Welle 17 sowie der Hohlwelle 30 dient, mit einer Auflagefläche ausgerüstet werden kann und daß die Verwendung einer Stahlplatte zur Herstellung der selbständigen Drehscheibe 16 das früher für notwendig erachtete kostspielige Schmieden einer Drehscheibe 16 und darauffolgende Aufschrumpfen derselben auf den Flansch 18 der Welle 17 bzw. das

Schmieden der Drehscheibe 16 aus einem Stück mit dem Flansch 18 überflüssig macht. Dadurch braucht man nicht wie bisher für jeden Generator einen besonderen Wellenschaft, sondern man kann nunmehr jeweils eine Welle aus einem Bestand genormter Wellen aussuchen. Da das Traglager 12 jetzt nicht mehr unter dem oberen Flansch 18 zu liegen kommt, sondern außerhalb des Flansches 18, kann der untere Flansch 18a vollständig durch das nicht ausgebaute Traglager 12 hindurchgezogen werden, wenn die Welle 17 noch mit dem Polrad 9 verbunden ist und dieses beispielsweise zur Überholung ausgebaut wird. Da ferner die Abmessungen einer Drehscheibe, die aus einer Stahlplatte gefertigt wird, durch Erwägungen hinsichtlich der vorhandenen Möglichkeiten des Schmiedens nicht beeinflusst werden, stellen sich auch aus diesem Grund die Kosten für eine solche Drehscheibe beachtlich niedrig. Der vergrößerte Durchmesser, den eine Drehscheibe 16, die aus einer Stahlplatte hergestellt ist, hat, erlaubt außerdem die Aufteilung der Schrauben 23, 23a sowie des Traglagers 12 über einen wesentlich größeren Abschnitt des Polradradius, als dies bei bisher bekannten Konstruktionen möglich war. Dadurch werden die auf die Welle wirkenden Biegemomente verringert, und der freie Raum für den Zugang zu den Befestigungen sowie für Lufteinlaßöffnungen wird vergrößert, und schließlich lassen sich bei den günstigen Platzverhältnissen handelsübliche Befestigungselemente ohne jede Sonderform verwenden.

Aus dem Vorangegangenen geht also hervor, daß die Erfindung auf zahlreiche, verschieden gestaltete Polräder, wie sie üblicherweise in Wasserkraftgeneratoren vorkommen, und zusätzlich auch auf das Polrad 9, das zur Erläuterung in der vorliegenden Erfindung geschildert wurde, angewendet werden kann. Darüber hinaus muß die hier geschilderte Erfindung nicht notwendigerweise auf Wasserkraftgeneratoren beschränkt bleiben, sondern sie kann auch bei anderen Typen elektrodynamischer Maschinen angewendet werden, wenn dies dort vorteilhaft erscheint.

Obwohl die Zeichnung sowie die Beschreibung im Hinblick auf die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung gestaltet sind und obwohl darüber hinaus die Erfindung im Zusammenhang mit Wasserkraftgeneratoren der Schirm-Bauweise besonders vorteilhaft ist, soll hier noch einmal betont werden, daß die Erfindung auch bei anderen Maschinen mit vertikaler Welle ohne weiteres anzuwenden ist.

Es sollte ferner durch die voranstehenden Ausführungen deutlich geworden sein, daß die Erfindung ebenso vorteilhaft in zahlreichen Fällen in anderen langsam laufenden Maschinen als Wasserkraftgeneratoren angewendet werden kann.

Es liegt mithin durchaus im Rahmen der nachstehenden Ansprüche, daß die Erfindung auch in anderer Weise verwirklicht wird, als im einzelnen beschrieben ist.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Eine zur Kühlluftführung geeignete Polrad-Tragkonstruktion für eine dynamoelektrische Maschine mit senkrechter Welle, deren Jochring zur Belüftung durch Zentrifugalwirkung an einer aus mindestens zwei ringförmigen Blechen sowie dazwischen befestigten zahlreichen Stegen bestehenden Tragkonstruktion befestigt ist, dadurch ge-

kennzeichnet, daß zwischen den im allgemeinen radial verlaufenden Stegen (20) und den Kreisringplatten (21), die eine geräumige, zentrale Kreisringöffnung (32) für den Zutritt der Kühlluft einschließen, eine Anzahl nicht radial gerichteter Stegabschnitte (37) angeordnet ist, die zusammen mit den radialen Stegabschnitten (39) das Drehmoment übertragen, und daß an einer der Kreisringplatten (21) ein in die zentrale Kreisringöffnung (32) hineinragender ringförmiger Flansch (22) vorgesehen ist, der mit einer auf der Hauptwelle (17) sitzenden Drehscheibe (16) verschraubt ist, die innerhalb der zentralen Kreisringöffnung (32) des Polrades (9) eine in axialer Richtung steife Nabe für die Befestigung des Polrades (9) bildet.

2. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der oberen und der unteren Kreisringplatte eine weitere, direkt an der Drehscheibe (16) befestigte Kreisringplatte vorgesehen ist, wobei die Drehmomentübertragung zwischen der mittleren und der oberen Kreisringplatte durch einen dieselben verbindenden senkrechten, in Umfangsrichtung durchgehenden Kragen (37a) und die Drehmomentübertragung zwischen der unteren und der mittleren Kreisringplatte durch die gekrümmten Abschnitte (37b) der Stege (20) erfolgt, so daß die von unten her zentral in das Polrad (9) einströmende Kühlluft radial durch das Polrad (9) gefördert wird.

3. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlluftstrom, der in die Kreisringöffnung (32) des Polrades (9) eintritt und von dort aus radial weiterströmt, ausschließlich von oben her in die Maschine eintritt.

4. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlluftstrom, der in die Kreisringöffnung (32) des Polrades (9) eintritt und von dort aus radial weiterströmt, ausschließlich von unten her aus der Turbinengrube (2) in die Maschine eintritt.

5. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Polen Lüfterflügel (50) angeordnet sind, die den Raum (48) zwischen den Polen (26) beiderseits stirnseitig abdecken, so daß die den aus den Teilblechpaketen (4b) gebildeten Jochring verlassende Kühlluft in radialer Richtung weiter durch den Ständer (1) geführt wird.

6. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genaue Zentrierung zwischen Flansch (22) und Drehscheibe (16) unter Verwendung mehrerer Doppelkeile (24) erfolgt, die zwischen dem Flansch (22) und der Drehscheibe (16) wirksam sind.

7. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehscheibe (16) mit ihrer Umfangsfläche in einem Führungslager (19) gleitet und so das Polrad (9) zentriert.

8. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehscheibe (16) an einer Stirnseite eine Traglagerfläche hat.

9. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dreh-

scheibe (16) direkt auf dem Traglager (12) ruht und der lichte Durchmesser des Traglagers (12) größer als jeder Flansch (18, 18a) der Welle (17) ist, so daß das Polrad (9) samt Welle (17) ausgebaut werden kann, ohne das Traglager (12) auszubauen. 5

10. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Polrad (9) direkt mit der Turbinenwelle ohne irgendeine andere dazwischengeschaltete Welle (17) verbunden ist. 10

11. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Dreh-

scheibe (16) von unten her eine massive Welle (17) zur Verbindung mit der Turbine und von oben her eine in Leichtbauweise hergestellte Hohlwelle (30) zur starren Verbindung mit der Erregermaschine (28) gekuppelt ist.

12. Polrad-Tragkonstruktion nach Anspruch 1, 6 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Kühlluftstromes, der, von oben her kommend, zur zentralen Kreisringöffnung (32) des Polrades (9) hin gesaugt wird, vor dem Eintritt in das Polrad (9) abgezweigt und der Erregermaschine (28) zugeführt wird, die über eine Hohlwelle (30) mit der Drehscheibe (16) gekuppelt ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig. 3

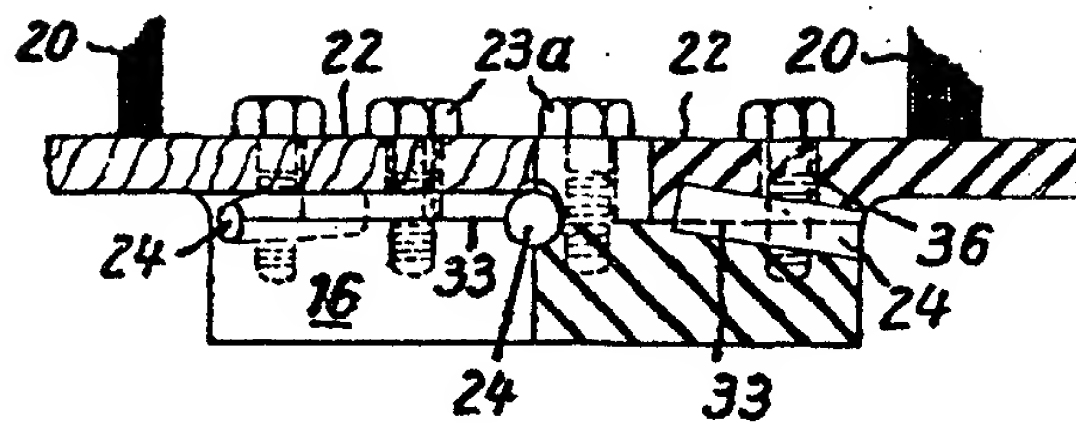


Fig. 4

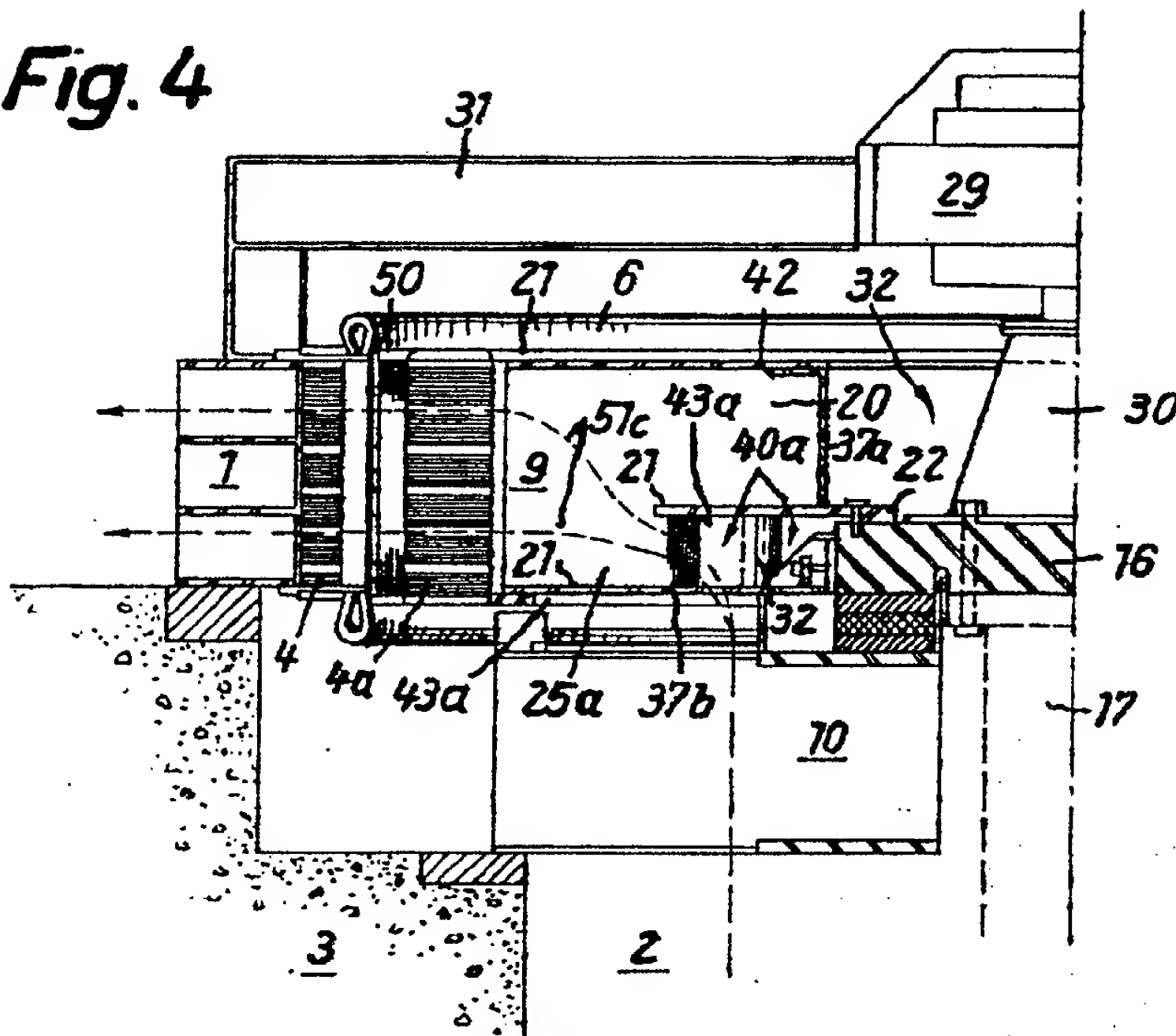


Fig. 5

